

DOI: 10.18499/2225-7357-2019-8-1-96-102

УДК 616.718.4-018

14.03.01 – анатомия человека

© И.Н. Яшина, А.В. Иванов, С.В. Клочкова, 2019

## Морфологические проявления бипедальной локомоции человека на уровне бедренной кости

И. Н. Яшина<sup>1\*</sup>, А. В. Иванов<sup>1</sup>, С. В. Клочкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Курск, Россия

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

**Цель** исследования – изучение строения бедренной кости условно здоровых современных людей, как части звена опорно-двигательного аппарата, обеспечивающего бипедальную локомоцию.

**Материал и методы.** По оригинальной остеометрической методике были измерены 23 структуры 166 бедренных костей с полным синостозированием эпифизов без признаков костной патологии. После введения коэффициента пропорциональности для линейных параметров и вычисления доверительных интервалов по каждому из них был проведен многоуровневый факторный анализ отдельно для правых и левых бедренных костей методом максимального правдоподобия Maximum likelihood factor analysis с вращением Equamax normalized.

**Результаты.** Выделено 4 уровня структурной организации, характеризующихся асимметрией факторных нагрузок (ФН). Параметры, формирующие первый уровень, обеспечивают передачу механической нагрузки по оси конечности от головки через межвертельный гребень на медиальный мышелок. Параметры 2-го уровня обеспечивают вращательные движения на уровне коленного сустава. Третий и четвертый уровни включили параметры, отражающие функцию вращения ноги в тазобедренном суставе при прямохождении и поддержании вертикального положения тела в сагиттальной плоскости.

**Заключение.** Таким образом, бедренная кость человека представляет собой многоуровневую систему с асимметричным участием параметров в ее формировании. Бедренная кость как часть системы опорно-двигательного аппарата имеет четко выраженную вертикальную структурную дифференциацию, проявляющуюся в доминировании правой конечности в осуществлении опорных функций на уровне проксимального эпифиза и двигательных на уровне дистального эпифиза бедренной кости.

**Ключевые слова:** строение, структурная организация, бедренная кость, бипедальность.

### Morphological Manifestations of Human Locomotor Bipedality in Femur

© I. N. Yashina<sup>1\*</sup>, A. V. Ivanov<sup>1</sup>, S. V. Klochkova<sup>2</sup>, 2019

<sup>1</sup>Kursk State Medical University, Kursk, Russia

<sup>2</sup>First I.M. Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

**The aim** is to study the structure of the femur of conditionally healthy modern people, as part of the link of the musculoskeletal system, providing bipedal locomotion.

**Material and methods.** By the original osteometric method was measured 23 structures of 166 femoral bones with full synostosis of epiphysis without evidence of bone pathology. After the introduction of the coefficient of proportionality for linear parameters and the calculation of confidence intervals for each of them, a multi-level factor analysis was carried out, separately for the right and left femoral bones by the maximum likelihood factor analysis method with Equamax normalized rotation.

**Results.** Four levels of the structural organization, which characterized by asymmetry of factor loadings, are identified. The parameters forming the 1st level ensure the transfer of the mechanical load along the limb axis from the head through the intertrochanteric crest to the medial condyle. 2nd level parameters provide rotational movements at the knee joint. Parameters of the 3rd and 4th levels reflecting the function of the rotation of the leg in the hip joint when upright and maintaining the vertical position of the body in the sagittal plane.

**Conclusion.** Thus, the human femur is a multilevel system with asymmetric participation of parameters in its formation. Femur, as part of the musculoskeletal system, has a distinct vertical structural differentiation, which is manifested in the dominance of the right limb in the implementation of the support functions at the level of the proximal epiphysis, and motor functions at the level of the distal epiphysis of the femur.

**Key words:** structure, structural organization, femur, bipedality.

**\*Автор для переписки:**

Яшина Ирина Николаевна  
Кафедра анатомии человека, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Карла Маркса, 3, г. Курск, 305004, Российская Федерация.  
E-mail: bik2709@rambler.ru

**\*Corresponding author:**

Irina Yashina  
Department of Human Anatomy, Kursk State Medical University, ul. Karla Marksa, 3, Kursk, 305004, Russian Federation  
E-mail: bik2709@rambler.ru

**Введение**

Прямохождение, присущее человеку, представляет собой сложный биомеханический акт, который формировался в течение всего периода существования вида *Homo sapiens*. Принципиальным моментом, определяющим особенности строения костей нижних конечностей, является их формирование под действием силы тяжести и силы тяги мышц, обеспечивающих локомоцию. Исследования кинезиологов и биомехаников конца XX века показали, что центр тяжести тела современного человека во фронтальной плоскости в состоянии покоя незначительно (около 1.5–2.0 мм) смещен вправо, т. е. правая нога принимает несколько большую нагрузку, чем левая [6, 9, 13, 14]. Под действием функциональной нагрузки скелет человека постоянно перестраивается. Изменения в строении костей становятся видимыми при развитии заболеваний опорно-двигательного аппарата, тогда же они приобретают диагностическую значимость [2–4]. Наибольшие структурные изменения в диафизах костей нижних конечностей человека вызываются статической нагрузкой и нагрузкой на сгибание, а осевые механические воздействия в большей степени влияют на строение эпифизов длинных трубчатых костей человека [9, 12]. В связи с постоянным увеличением числа приобретенных патологий суставов нижних конечностей, изменением биомеханики вышележащих отделов скелета [13, 14], наличием асимметрии в строении человеческого тела строение бедренной кости (БК) должно быть достаточно серьезно изучено [1, 5–8, 10]. Однако, до сих пор отсутствует четкое представление о взаимосвязях между степенью выраженности костных структур, о значимости структуры в организации БК, как части звена опорно-двигательного аппарата человека, что делает изучение системного строения здоровой БК человека актуальным. Поэтому, целью настоящего исследования явилось изучение структурной организации БК с учетом латерализации.

**Материал и методы исследования**

Материалом для исследования служили 166 БК современного человека: 83 правые бед-

ренные кости (ПБК) и 83 левые бедренные кости (ЛБК) из фондов натуральных препаратов кафедр анатомии человека Курского государственного медицинского университета, Российского университета дружбы народов, Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова. Настоящее исследование проведено с соблюдением этических норм в рамках действующего законодательства Российской Федерации, протокол заседания секции доклинических исследований РЭК ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России №5 от 30 июня 2018 года.

В исследование включены кости с полным синостозированием эпифизов, без признаков костной патологии. Половая принадлежность не определялась. При остеометрии для измерения 23 угловых и линейных прямых и проекционных размеров использовались устройство для антропометрических измерений длинных трубчатых костей (патент С 1 2245101 RUA 61 В 5/103) (рис. 1) и цифровой штангенциркуль. Измерения проводились дважды, средние значения заносили в таблицы.

Все изучаемые параметры по топографическому принципу были разделены на 4 группы (рис. 2).

Первая группа характеризует степень развития проксимального эпифиза и включает: ширину проксимального эпифиза (ШПЭ) – максимальное расстояние между верхним краем ямки головки и основанием большого вертела; передне-задний (ГП) и верхне-нижний размеры (ГВ) головки; передне-задний (ШП) и верхне-нижний размеры шейки (ШВ); длины шейки верхнюю (ВДШ), переднюю (ПДШ), нижнюю (НДШ), заднюю (ЗДШ); межвертельное расстояние (РМВ) – максимальное расстояние между верхушками большого и малого вертелов. Вторую группу составили длина кости (Д), диаметры диафиза передне-задний (РДП) и поперечный (РДПП), измеренные в середине длины кости; степень изогнутости диафиза – СКД (расстояние между передней поверхностью диафиза в средней трети и плоскостью, проведенной между задними поверхностями головки и мыщелков). В третью группу вошли параметры, характеризующие степень развития дистального эпифиза: ширина дистального эпифиза (ШДЭ) – расстояние между максимально удаленными точками надмыщелков; ширина суставной поверхности для надколенника (ШНК); ширина межмыщелковой ямки (ШММЯ); передне-задний диаметр или длина мыщелков латерального (ДЛМ) и медиального (ДММ). Четвертую группу составили угловые параметры, отвечающие за стереометрию взаиморасположение структур: угол антеверсии шейки (АНТ) – угол отклонения оси шейки БК фронтально, измеренный при виде сверху; угол ротации шейки БК (РОТ) – угол, образо-

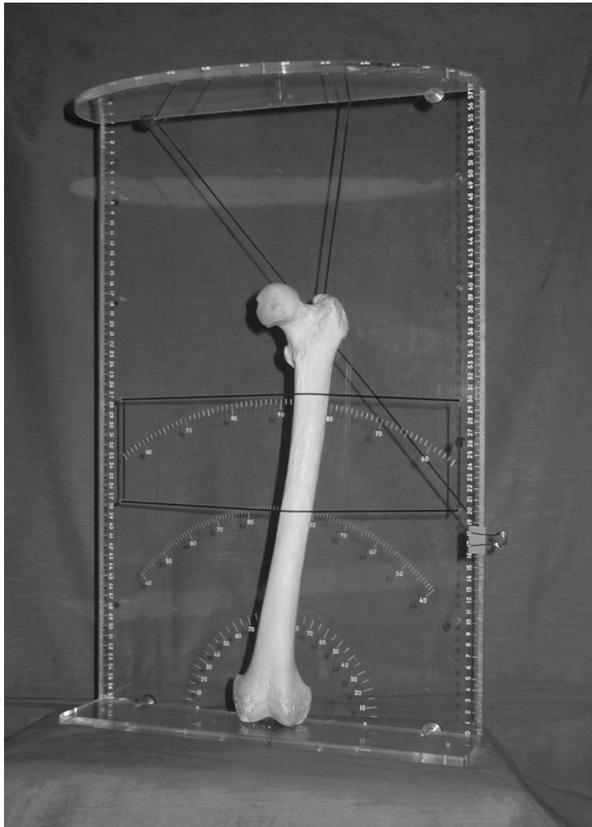


Рис. 1. Устройство для антропометрических измерений длинных трубчатых костей.

ванный при пересечении оси бедра с осью шейки, измеренный при виде сбоку; шеечно-диафизарный угол (ДШУ) – угол, образованный при пересечении осей шейки и диафиза БК в плоскости абсцисс, измеренный при виде спереди; кондило-диафизарный угол (КДУ) – угол, образованный при пересечении оси диафиза БК и перпендикуляра к горизонтальной плоскости, проведенной через мыщелки БК.

Формирование и развитие БК тесно связаны с принятием веса тела и передачей его на нижележащие отделы скелета, стабилизацией вертикального положения туловища, как в сагитальной, так и во фронтальной плоскостях, выполнениями движений в тазобедренном и коленном суставах. Поэтому, с целью учета влияния массы тела на формирование БК человека, значения всех линейных параметров были переведены в относительные величины, за единицу измерения принят поперечный размер диафиза на середине ее длины. Уровень, совпадающий с центром тяжести бедра и обладающий максимально развитым слоем компактного вещества диафиза [5, 12].

В работе использовали методы описательной вариационной статистики, определяли доверительный интервал на основе среднего арифметического ( $\bar{X}$ ) и ширины доверительного интервала ( $t_{\alpha}$ ) при  $\alpha \geq 0.05$ . С целью выяснения степени участия каждого параметра в структурной организации БК как части сегмента нижней конечности использовали

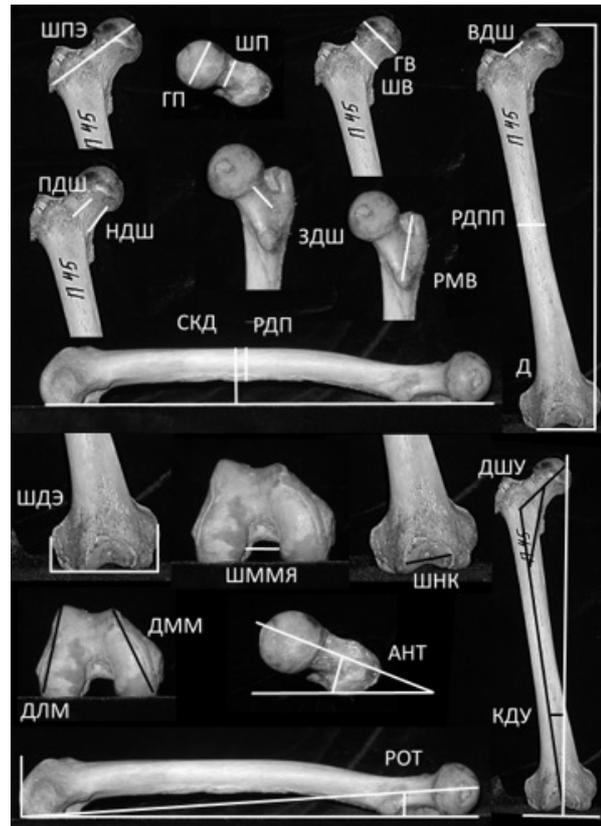


Рис. 2. Изучаемые морфометрические параметры бедренных костей.

многоступенчатый факторный анализ (ФА) методом максимального правдоподобия Maximum likelihood factor analysis с вращением Equamax normalized отдельно для ПБК и ЛБК. Статистически значимыми факторными нагрузками (ФН) были корреляции с силой  $|0.7-1.0|$ . Данный метод математической статистики, основанный на объединении максимально коррелирующих между собой параметров, применяется для изучения взаимосвязей между значениями переменных, т.е. позволяет их классифицировать по уровню их значимости максимально приближенно к популяции в целом [9].

### Результаты и их обсуждение

Статистически достоверных различий между величинами исследуемых параметров ПБК и ЛБК, свидетельствующих о наличии морфологической асимметрии, не обнаружено. Результаты представлены в таблице.

С целью изучения взаимосвязей между значениями параметров БК нами был произведен многоступенчатый ФА методом максимального правдоподобия Maximum likelihood factor analysis с вращением Equamax normalized отдельно для препаратов ПБК и ЛБК и вычислены ФН для каждого из исследуемых параметров. На пятой и последующих ступенях ФА параметров, группирующихся под действием общих факторов и отличающихся по значению ФН, не выявлено. Резуль-

Таблица

**Характеристика бедренных костей человека по данным остеометрического исследования**

Исследуемый параметр		Правая бедренная кость	Левая бедренная кость
		X $\pm$ t <sub>н</sub>	X $\pm$ t <sub>н</sub>
Ширина проксимального эпифиза	абс., см	9.46 $\pm$ 0.17	9.01 $\pm$ 0.35
	отн.	3.46 $\pm$ 0.06	3.27 $\pm$ 0.12
Передне-задний размер головки	абс., см	4.55 $\pm$ 0.08	4.58 $\pm$ 0.09
	отн.	1.66 $\pm$ 0.03	1.65 $\pm$ 0.02
Верхне-нижний размер головки	абс., см	4.46 $\pm$ 0.07	4.47 $\pm$ 0.08
	отн.	1.63 $\pm$ 0.02	1.62 $\pm$ 0.02
Передне-задний размер шейки	абс., см	2.65 $\pm$ 0.06	2.62 $\pm$ 0.05
	отн.	0.97 $\pm$ 0.02	0.95 $\pm$ 0.01
Верхне-нижний размер шейки	абс., см	3.37 $\pm$ 0.07	3.35 $\pm$ 0.07
	отн.	1.23 $\pm$ 0.02	1.21 $\pm$ 0.02
Верхняя длина шейки	абс., см	2.86 $\pm$ 0.10	2.83 $\pm$ 0.09
	отн.	1.05 $\pm$ 0.04	1.02 $\pm$ 0.03
Нижняя длина шейки	абс., см	4.29 $\pm$ 0.16	4.23 $\pm$ 0.15
	отн.	1.57 $\pm$ 0.06	1.53 $\pm$ 0.05
Задняя длина шейки	абс., см	3.55 $\pm$ 0.11	3.6 $\pm$ 0.1
	отн.	1.3 $\pm$ 0.04	1.30 $\pm$ 0.03
Передняя длина шейки	абс., см	2.67 $\pm$ 0.09	2.59 $\pm$ 0.07
	отн.	0.97 $\pm$ 0.03	0.94 $\pm$ 0.02
Расстояние между вертелами	абс., см	5.53 $\pm$ 0.15	5.71 $\pm$ 0.13
	отн.	2.02 $\pm$ 0.06	2.06 $\pm$ 0.04
Длина	абс., см	43.32 $\pm$ 0.64	43.52 $\pm$ 0.64
	отн.	15.87 $\pm$ 0.27	15.77 $\pm$ 0.22
Передне-задний диаметр диафиза	абс., см	3.86 $\pm$ 0.40	3.45 $\pm$ 0.27
	отн.	1.41 $\pm$ 0.15	1.24 $\pm$ 0.09
Поперечный диаметр диафиза	абс., см	2.74 $\pm$ 0.05	2.76 $\pm$ 0.05
	отн.	5.92 $\pm$ 0.1	5.87 $\pm$ 0.1
Степень кривизны диафиза	абс., см	2.17 $\pm$ 0.03	2.12 $\pm$ 0.03
	отн.	7.07 $\pm$ 0.23	7.17 $\pm$ 0.23
Ширина дистального эпифиза	абс., см	2.6 $\pm$ 0.09	2.6 $\pm$ 0.08
	отн.	4.14 $\pm$ 0.48	4.17 $\pm$ 0.48
Ширина межмышцелковой ямки	абс., см	1.5 $\pm$ 0.17	1.51 $\pm$ 0.17
	отн.	2.96 $\pm$ 0.21	3.01 $\pm$ 0.21
Ширина суставной поверхности для надколенника	абс., см	1.09 $\pm$ 0.08	1.08 $\pm$ 0.07
	отн.	7.52 $\pm$ 0.32	7.35 $\pm$ 0.33
Передне-задний диаметр латерального мыщелка	абс., см	2.74 $\pm$ 0.11	2.66 $\pm$ 0.11
	отн.	6.21 $\pm$ 0.12	6.17 $\pm$ 0.1
Передне-задний диаметр медиального мыщелка	абс., см	2.27 $\pm$ 0.04	2.23 $\pm$ 0.03
	отн.	127.86 $\pm$ 1.4	125 $\pm$ 1.83
Шеечно-диафизарный угол	абс., °	15.46 $\pm$ 2.59	17.25 $\pm$ 2.27
	отн.	22.7 $\pm$ 1.41	20.61 $\pm$ 1.32
Угол антеверсии	абс., °	9.45 $\pm$ 0.42	9.04 $\pm$ 0.45
	отн.		
Угол ротации	абс., °		
	отн.		
Кондило-диафизарный угол	абс., °		
	отн.		

таты ФА значений выявили многоуровневую организацию БК. Установлено три уровня факторов. Значения ФН по каждому уровню представлены на рисунках 3–5.

Для БК современного человека характерны следующие черты: наличие слегка сплюснутой сферической головки с превалированием передне-заднего размера (4.55 $\pm$ 0.08 $\times$ 4.46 $\pm$ 0.07 см – ПБК; 4.58 $\pm$ 0.09 $\times$ 4.47 $\pm$ 0.08 см – ЛБК); уплощенная в передне-заднем направлении шейка (2.65 $\pm$ 0.06 $\times$ 3.37 $\pm$ 0.07 см – ПБК; 2.62 $\pm$ 0.05 $\times$ 3.35 $\pm$ 0.07 см – ЛБК), ее форма приближена к неправильной усеченной пирамиде, основанием обращенной к диафизу, у которой верхнее плато смещено кпереди вверх и соединено с головкой; размер проксимального эпифиза больше дистального (9.46 $\pm$ 0.7 см – ПБК; 9.01 $\pm$ 0.35 см – ЛБК); диафиз кости сплюснут поперечно (3.86 $\pm$ 0.4 $\times$ 2.74 $\pm$ 0.05 см – ПБК;

3.45 $\pm$ 0.27 $\times$ 2.76 $\pm$ 0.05 см – ЛБК) и изогнут кпереди (5.92 $\pm$ 0.1 см – ПБК; 5.87 $\pm$ 0.1 см – ЛБК); в передне-заднем направлении медиальный мыщелок короче латерального.

В отличие от работ других авторов [1, 3–5, 7, 8, 10] в данном исследовании не выявлено статистически достоверного морфологического доминирования БК одной из сторон. Однако, определены группы параметров, «склонные» к проявлению асимметрии. ЛБК длиннее, у нее крупнее головка, больше задняя длина шейки и расстояние между вертелами, шире диафиз и дистальный эпифиз. ПБК отличается большими размерами шейки, у нее шире проксимальный эпифиз, более изогнут кпереди диафиз, более развиты мыщелки. У препаратов ПБК увеличены значения угловых параметров, кроме угла антеверсии.

После перевода значений линейных параметров в относительные единицы отмечено, что ЛБК имеет большую степень развития

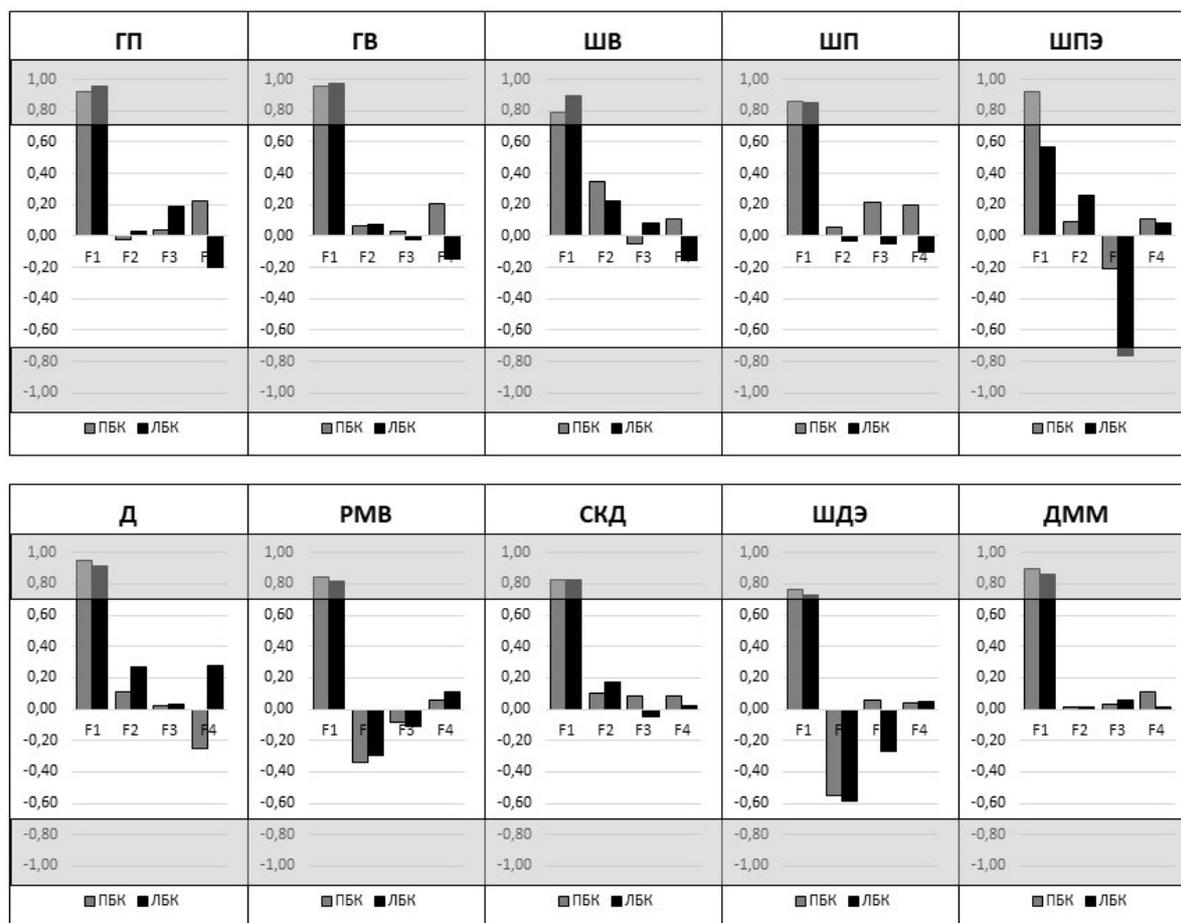


Рис. 3. Параметры бедренной кости, составившие 1-й уровень структурной организации. Примечание: на рис. серым цветом обозначены области статистически значимых факторных нагрузок  $|0.7-1.0|$ .

лишь в относительной величине межвертельного расстояния, являющегося местом прикрепления мышц, обеспечивающих отведение, вращение бедра и вертикальное положение туловища – *m. gluteus medius*, *m. quadratus femoris*, *m. iliopsoas*. ПБК имеет большую относительную степень развития проксимального эпифиза, вертикального размера шейки, передней, нижней и верхней ее длин, изогнутости диафиза, размерах мышечков, что может указывать на большую степень участия правой конечности в принятии и передаче веса тела.

ФА параметров БК выявил асимметрию ФН на всех уровнях структурной организации. Также выявлен параметр – ширина проксимального эпифиза, имеющий максимальную степень различия не только по величине ФН, и по принадлежности к уровню структурной организации. Он образует первый фактор среди препаратов ПБК и третий фактор – среди ЛБК.

Параметры, образующие первый фактор (рис. 3) и формирующие первый уровень структурной организации кости, обеспечивают передачу механической нагрузки по оси конечности от головки через межвертельный гребень на медиальный мышцелок. Они также являются местами прикрепления мышц, ста-

билизирующих вертикальное положение туловища. Явления асимметрии ФН указывают на неравноценное участие костей в осуществлении опорной и двигательной функции. ПБК испытывает большие ФН на ШПЭ, РМВ, Д, ШДЭ, ДММ. ЛБК испытывает большие ФН на ГП, ГВ, ШВ. Обнаруженные различия ФН на параметры эпифизов позволили выдвинуть предположение о наличии функциональной дифференциации отделов БК человека с разной степенью их вовлеченности в двигательный процесс. На уровне середины диафиза кости функционально равноценны. ФН СКД одинаковы.

Параметры, составившие 2-й фактор (рис. 4), обеспечивают вращательные движения на уровне коленного сустава. Латеральный мышцелок является полуокружностью, по которой вращается конечность с центром вращения, расположенным на медиальном мышцелке БК. Ширина суставной поверхности для надколенника и ширина межмышцелковой ямки лимитируют амплитуду вращения вокруг вертикальной оси. Картина ФН асимметрична, препараты ПБК испытывают большие ФН, что еще раз подтверждает гипотезу о функциональном неравенстве эпифизов БК.

Третий и четвертый факторы (рис. 5), параметры, их образующие, отражают функ-

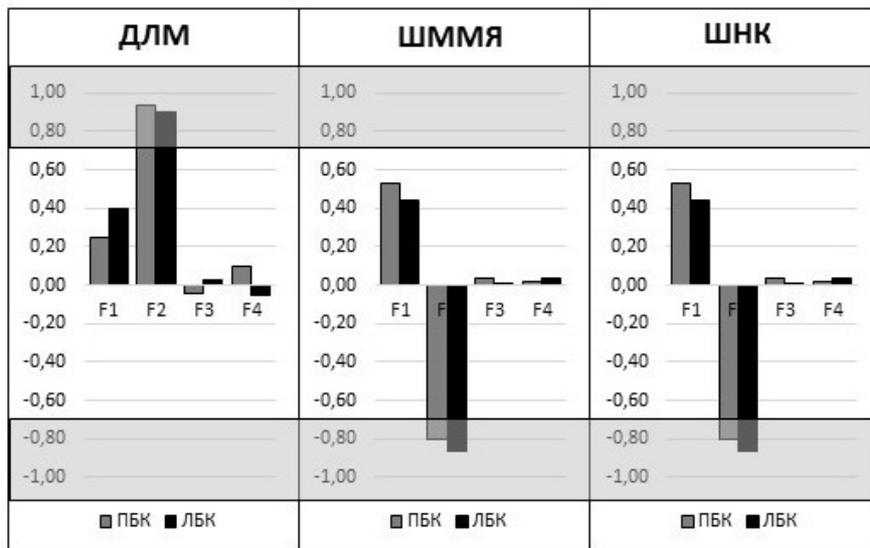


Рис. 4. Параметры бедренной кости, составившие 2-й уровень структурной организации.

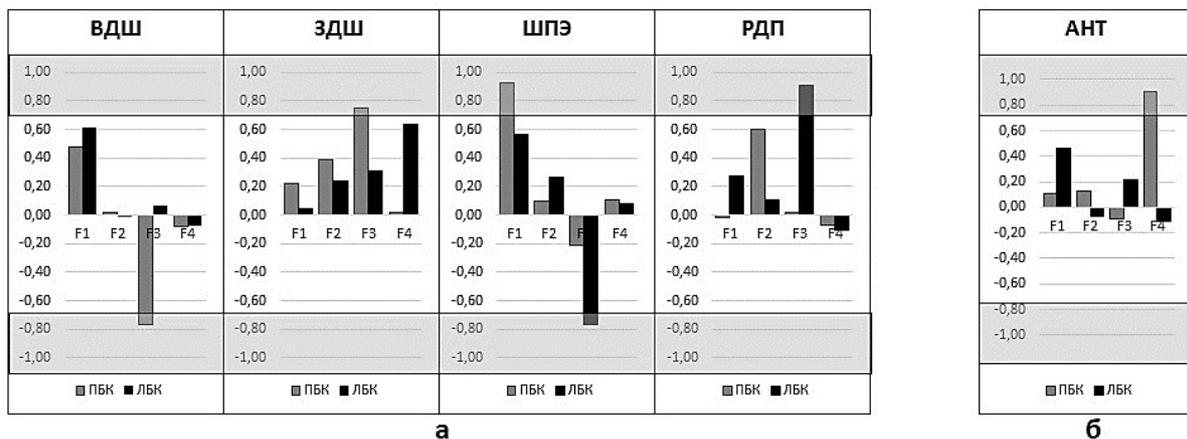


Рис. 5. Параметры БК, составившие 3-й (а) и 4-й (б) уровни структурной организации.

цию вращения конечности на уровне тазобедренного сустава при прямохождении. Это и действие сил сжатия (ВДШ) и работа задней группы мышц пояса нижних конечностей (ЗДШ), и возврат оси диафиза бедра к отвесной линии из общего центра тяжести тела (примерно 5 кзади от центра тазобедренного сустава [9]) с формированием угла антеверсии шейки БК. По результатам ФА, ЛБК более адаптирована к осуществлению вращательных движений при стабилизации вертикали тела в сагиттальной плоскости на уровне тазобедренного сустава.

### Заключение

Таким образом, в структурной организации бедренной кости человека независимо от принадлежности к стороне тела выделяется четыре уровня. Для бедренной кости человека характерна латентная асимметрия структурной организации, которую не выявляют методы описательной статистики. Бедренная кость, как часть системы опорно-двигательного аппарата имеет четко выраженную вертикальную структурную дифференциацию, проявляющуюся в доминировании

правой конечности в осуществлении опорных функций на уровне проксимального эпифиза и двигательных на уровне дистального эпифиза бедренной кости.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Гайворонский И. В., Хоминец В. В., Удочкина Л. А., Семенов А. А., Гринберг У. В. Корреляции морфометрических параметров мышечков бедренной и большеберцовой костей. Морфология. 2015; 148(6): 79–83. [Gaivoronskiy IV, Khominets VV, Udochkina LA, Semyonov AA, Grinberg Ye B. Correlation of morphometric parameters in the structure of the femoral and tibial condyles. Morfologiya. 2015;148(6):79–83] (in Russian).
2. Гафаров Х. З. Какова же величина торсии бедренной кости и какое значение она имеет в клинике? Практическая медицина. 2013; 2(1–2): 37–44 [Gafarov KhZ. Size of torsional transformation of a femur and its significance in treatment. Practical medicine. 2013;2(1–2):37–41] (in Russian).

3. *Гелаишвили П. А., Юхимец С. Н., Буракова Е. Н.* Морфометрическая характеристика проксимального эпифиза бедренной кости человека различных возрастных периодов. Морфологические ведомости. 2008; 1–2: 146–147 [Gelashvili PA, Yukhimets SN, Burakova EN. The morphometrical characteristic of the human femur proximal epiphysis in various age seasons. Morphological Newsletter. 2008;1–2:146–147] (in Russian).
4. *Довгялло Ю. В.* Индивидуальная изменчивость бедренной кости. Знание. 2016; 2–3(31): 71–74 [Dowgiallo YuV. Individual variability of the femur. Znanie. 2016; 2–3(31):71–74] (in Russian).
5. *Николенко В. Н., Фомичева О. А., Жмурко Р. С., Яковлев Н. М., Бессонова О. С., Павлов С. В.* Индивидуально-типологические особенности морфогометрии проксимального отдела бедренной кости. Саратовский научно-медицинский журнал. 2010; 6(1): 36–39 [Nikolenko VN, Fomicheva OA, Zhmurko RS, Yakovlev NM, Bessonova OS, Pavlov SV. Individual and typological morphogeometric features of the proximal of femoral bone. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2010; 6(1): 36–39] (in Russian).
6. *Скворцов Д. В.* Клинический анализ движений, стабилметрия. М.: Антидор; 2000. 199. [Skvortsov D. Klinicheskii analiz dvizhenii, stabilometriya. Moscow; 2000] (in Russian).
7. *Тур С. С.* Билатеральная асимметрия длинных костей конечностей у скотоводов Алтая эпохи Бронзы и раннего Железного века. Археология, этнография и антропология Евразии. 2014; 59(3):141–156 [Tur S.S. Bilateral asymmetry of long bones in Bronze and early Iron age pastoralists of the Altai. Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia. 2014; 59(3):141–156] (in Russian).
8. *Хайруллин Р. М.* Эффективность индексов флуктуирующей асимметрии для оценки морфологических признаков человека. Морфологические ведомости. 2002; 1–2: 52–54. [Khairullin RM. The efficiency of fluctuating asymmetry quantitative indexes for measurement of the human morphological parameters. Morphological Newsletter. 2002;1–2:52–54] (in Russian).
9. *Arley CT, Ferris DP.* 10 Biomechanics of Walking and Running. Exercise and Sport Sciences Reviews. 1998;26:253–286. doi: 10.1249/00003677-199800260
10. *Auerbach VM, Ruff CB.* Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans. Journal of Human Evolution. 2006 Feb;50(2):203–18. doi: 10.1016/j.jhevol.2005.09.004
11. *Johnson AP.* Biomechanics and exercise physiology. New York: John Wiley & Sons. 1991.
12. *Oba M, Inaba Y, Kobayashi N, Ike H, Tezuka T, Saito T.* Effect of femoral canal shape on mechanical stress distribution and adaptive bone remodelling around a cementless tapered-wedge stem. Bone & Joint Research. 2016 Sep;5(9):362–9. doi: 10.1302/2046-3758.59.2000525
13. *Witte H, Preuschoft H, Recknagel S.* Human body proportions explained on the basis of biomechanical principles. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie. 1991;79(3):407–23.
14. *Zajac FE, Neptune RR, Kautz SA.* Biomechanics and muscle coordination of human walking. Gait & Posture. 2002 Dec;16(3):215–32. doi: 10.1016/S0966-6362(02)00068-1

Поступила в редакцию 1.11.2018  
Принята в печать 29.01.2019

Received 1.11.2018  
Accepted 29.01.2019

*Для цитирования:* Яшина И.Н., Иванов А.В., Ключкова С.В. Морфологические проявления бипедальной локомоции человека на уровне бедренной кости. Журнал анатомии и гистопатологии. 2019; 8(1): 96–102. doi: 10.18499/2225-7357-2019-8-1-96-102.

*For citation:* Yashina IN., Ivanov AV., Klochkova SV. Morphological manifestations of human locomotor bipedality in femur. Journal of Anatomy and Histopathology. 2019; 8(1): 96–102. doi: 10.18499/2225-7357-2019-8-1-96-102.